

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-277184

(43)Date of publication of application : 28.10.1997

(51)Int.Cl.

B25J 13/08  
G05D 3/12

(21)Application number : 08-117059

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 15.04.1996

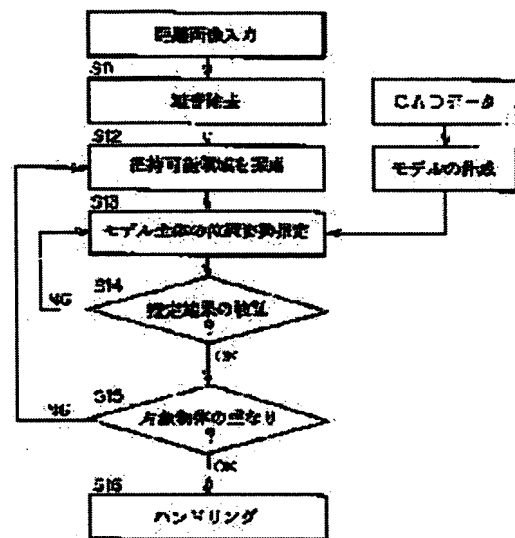
(72)Inventor : KOJIMA SATOMICHI  
FUCHIGAMI AKIHIRO  
HASHIMOTO HIDENORI

## (54) IMAGE PROCESSING

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To avoid the minimum value existing in a process of estimating the position and attitude of a target body, stably-clamp the bodies stacked in a jumbled manner by estimating three-dimensional position and attitude of the target body exactly, and especially eliminate a complicated preliminary processing, such as a region division and provide a high-speed and highly efficient processing.

**SOLUTION:** Image noise is removed as preliminary processing (S11) and a grippable region is searched (S12). Based on this data, the initial value of a model where ICP algorithm is applied is determined to estimate the position and attitude of the whole model (S13). If a converged evaluation function is smaller than a certain threshold value (S14), check for overlapping of the target body with another body is conducted (S15), and a robot is moved to an estimated position with attitude the body judged to be capable of being gripped for a handling (S16).



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 13.07.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 13.04.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

REST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 9 - 2 7 7 1 8 4

(43) 公開日 平成9年(1997)10月28日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所	
B 2 5 J	13/08		B 2 5 J	13/08	A
G 0 5 D	3/12		G 0 5 D	3/12	K

審査請求 未請求 請求項の数 4

F D

(全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平8-117059

(22) 出願日 平成8年(1996)4月15日

(71) 出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72) 発明者 小島 悟理

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

(72) 発明者 洲上 明弘

東京都港区六本木7-22-1 東京大学生産技術研究所橋本研内

(72) 発明者 橋本 秀紀

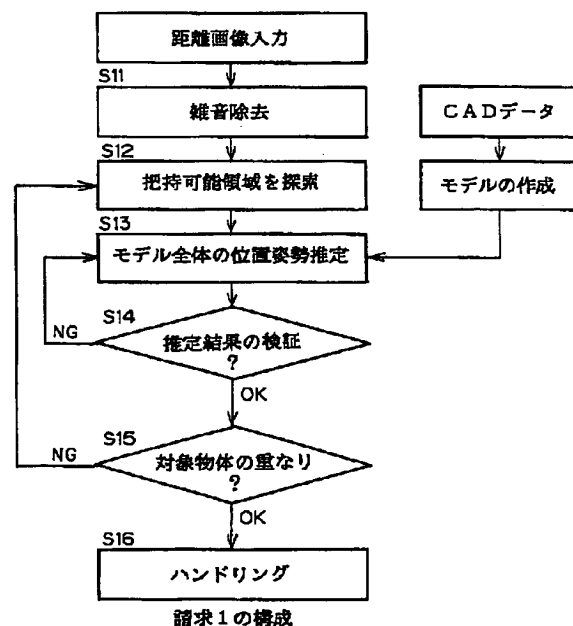
東京都港区六本木7-22-1 東京大学生産技術研究所橋本研内

(54) 【発明の名称】 画像処理方法

(57) 【要約】

【課題】 対象物体の位置姿勢を推定する過程で存在する極小値を回避し、対象物体の3次元的位置姿勢を正確に推定して乱雑に積まれた物体を安定に把持する。特に、領域分割等の複雑な前処理を省略し、処理の高速化、効率化を図る。

【解決手段】 前処理として画像の雑音除去を行い (S11)、把持可能領域を探索する (S12)。この情報をもとにICPアルゴリズムを適用するモデルの初期値を決定し、モデル全体の位置姿勢を推定する (S13)。収束した評価関数がある閾値より小さければ (S14)、対象物体に対して他の物体との重なりをチェックし (S15)、把持可能と判断された物体について推定された位置姿勢にロボットを移動させ、ハンドリングする (S16)。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 動作範囲内で任意の位置姿勢をとることができるロボットの手先に物体を把持するためのハンドリング手段と、距離画像を得る視覚センサを備えるハンドリングロボットの画像処理方法において、前記視覚センサにより得られた距離画像から把持可能領域を探索し、この情報を用いて一個の物体の位置姿勢を推定することを特徴とする画像処理方法。

【請求項2】 請求項1において、前記把持可能領域を探索する際にマッチングの評価関数に重みを持つことを特徴とする請求項1記載の画像処理方法。

【請求項3】 請求項1において、推定した把持可能領域の中で最短距離の物を優先して選択することを特徴とする請求項1記載の画像処理方法。

【請求項4】 請求項1において、把持可能領域を探索する際に複数の注視領域を用いて並列的に処理することを特徴とする請求項1記載の画像処理方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画像処理方法、より詳細には、乱雑に積まれた物体をビンピッキングするロボットの画像処理方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、ロボットの環境を認識するセンサとしては濃淡画像による視覚が一般的であった。しかし、近年レーザレンジファインダ（LRF）等の能動的なセンシング技術の進歩により、高速、高精度、高解像度の距離画像と利用が容易になってきた。距離画像は、濃淡画像のように曖昧な情報を含まないため、より信頼性の高い環境認識が可能である。

【0003】乱雑に積まれた物体を安定に把持するためには、対象物体の3次元的位置姿勢を正確に推定する必要がある。距離画像を用いて物体の位置姿勢を推定する試みは、画像解析の主要な問題として研究され、多くの推定手法や形状モデルが提案されている。計測された物体表面上の点の3次元位置のみを利用して位置姿勢を推定する方法としてICP（Iterative Closest Point）アルゴリズムがある（「高速レーザレンジファインダを用いたハンドアイシステムによる自由形状物体のピッキング」平成8年電気学会全国大会 予稿集、3-51～3-52、洲上明弘、小島悟理、橋本秀紀）。

【0004】ICPアルゴリズムとは、計測されたデータ点の集合をD、モデル上の点の集合をMとした場合、Dに含まれる要素を $d_i$ に対応するモデル上の点 $m_i$ が与えられたと仮定すると、位置姿勢推定問題は以下の式によって表される。

## 【0005】

## 【数1】

2

$$m_{R,T}^i = \sum_{i=1}^N \|m_i - (R d_i + T)\|^2 \quad (1)$$

【0006】ここでは、Rは3×3の回転行列、Tは3×1の平行移動ベクトルである。具体的な処理の流れは以下の通りである。

1. 各 $d_i$ に対してモデル上の最近点 $m_i$ を求める。

2. 式(1)を最対にする(R, T)を求める。

3.  $d_i$ にR, Tによる変換をかける。

4. 式(1)が収束するまで以上の処理を繰り返す。

ICPアルゴリズムでは、特徴抽出や対応づけ等の従来の手法に必要とされた処理にかかる計算コストが軽減される。処理時間の多くはデータ点に対応する最近点の探索によるものであり、並列処理による効果が期待できる。

【0007】図5は、乱積みされた物体をビンピッキングするための従来の画像処理方法を説明するためのフロー図で、この方法は、前処理として画像の雑音除去を行い(S1)、領域分割により対象物体を分割する(S2)。この中から対象領域を選択し(S3)、予めCADデータからモデルを作成して(S4)、作成したモデルを用いてICPアルゴリズム（「高速レーザレンジファインダを用いたハンドアイシステムによる自由形状物体のピッキング」平成8年電気学会全国大会予稿集、3-51～3-52；「LRFによる物体の距離画像情報を用いたポーズ推定」計測自動制御学会 第5回ロボットセンサシンポジウム 投稿論文、洲上明弘、小島悟理、橋本秀紀）により位置姿勢を推定する(S5)。収束した評価関数がある閾値より小さければ(S6)、対象物体に対して他の物体との重なり(S7)とハンドの干渉をチェック(S8)し、把持可能と判断された物体について推定された位置姿勢にロボットを移動させ、ハンドリングする(S9)。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】上記従来の方法では、対象物体の位置姿勢を推定する前処理として領域分割が必要であり、この精度が位置姿勢の推定精度に大きく影響する。また、LRFにより計測を行うと陰領域などの非観測領域のために、対象物体の位置姿勢を推定する過程で多くの極小値が存在し、これに収束してしまう可能性がある。物体を安定に把持するためには収束した極小値が最小値（最適値）であることが望まれるが、これは保証されない。

【0009】本発明は、対象物体の位置姿勢を推定する過程で存在する極小値を回避し、対象物体の3次元的位置姿勢を正確に推定して乱雑に積まれた物体を安定に把持することを目的とし、特に、領域分割等の複雑な前処理を省略し、処理の高速化、効率化を目指すものである。

50 【0010】

【課題を解決するための手段】請求項 1 の発明は、動作範囲内で任意の位置姿勢をとることができるロボットの手先に物体を把持するためのハンドリング手段と、距離画像を得る視覚センサを備えるハンドリングロボットの画像処理方法において、前記視覚センサにより得られた距離画像から把持可能領域を探索し、この情報を用いて一個の物体の位置姿勢を推定することを特徴とし、もって、対象物体の 3 次元的な位置姿勢を正確に推定して乱雑に積まれた物体を安定に把持することを可能とし、領域分割等の複雑な前処理を省略し、処理の高速化、効率化を図ったものである。

【0011】請求項 2 の発明は、請求項 1 の発明において、把持可能領域を探索する際にマッチングの評価関数に重みを持つことを特徴とし、もって、把持可能領域を探索する際にマッチングの評価関数に式 (2) のような重みを持つことにより、ハンドの干渉に関わりのないデータ点の影響を除き、より確実な推定結果が得られるようにしたものである。

【0012】請求項 3 の発明は、対象物体の上空で距離画像を撮像すると、距離が近いものほど上にあり、他物体との干渉の可能性が最も低い点に鑑み、請求項 1 の発明において、推定した把持可能領域の中で最短距離の物を優先して選択することを特徴とし、もって、把持可能領域として最短距離のものを選択することにより、把持可能である確率を高くし、対象物体に対して他の物体との重なりをチェックする処理を効率化したものである。

【0013】請求項 4 の発明は、請求項 1 において、把持可能領域を探索する際に複数の注視領域を用いて並列的に処理することを特徴とし、もって、複数の注視領域を用いて並列的に把持可能領域を探索することにより処理の大幅な効率化を図ったものである。

#### 【0014】

##### 【発明の実施の形態】

(請求項 1 の発明) 図 1 は、請求項 1 の発明を説明するためのフロー図で、まず、前処理として画像の雑音除去を行い (S11)、把持可能領域を探索する (S12)。この情報をもとに ICP アルゴリズムを適用するモデルの初期値を決定し、モデル全体の位置姿勢を推定する (S13)。収束した評価関数がある閾値より小さければ (S14)、対象物体に対して他の物体との重なりをチェックし (S15)、把持可能と判断された物体について推定された位置姿勢にロボットを移動させ、ハンドリングする (S16)。

【0015】図 2 は、把持可能領域探索の詳細なフロー図を示す図で、まず、距離画像を適当な大きさのブロック (注視領域) に分割する (S21)。ブロック毎にデータ点を取り (S22)、予め作成しておいたハンドモデルと ICP アルゴリズムによりマッチングを行う (S23)。最適な評価関数を与えるブロックを選択し (S24)、そこから推定されたハンド位置から対象物体の

位置姿勢推定に用いるモデルの初期値を決定する (S25)。初期値は、推定されたハンド位置から CAD データを用いて逆算して求める。

【0016】(請求項 2 の発明) 把持可能領域を求めるためには、対象物体の両側にハンドの入り込めるスペースがあることを確認できればよい。従って、対象物体の両側にハンドと干渉する物体がなければ、その底面は他の物体あるいは測定平面等とマッチングしている必要は全くない。そこで、請求項 1 の把持可能領域の探索 (S12) において、注視領域とハンドモデルのマッチングを行う際の ICP アルゴリズムの評価関数を以下のように置き換える。

#### 【0017】

##### 【数 2】

$$w_{i,T} \sum_{i=1}^N \|w_i - (R d_i + T)\|^2 \quad (2)$$

【0018】ここで、 $w_i$  は重み係数である。 $w_i$  は  $m_i$  がハンド底面にあり、かつ  $d_i$  がハンドと干渉しない位置に存在した場合は 0 とし、それ以外は 1 とする。把持可能領域を探索する際にマッチングの評価関数に式 (2) のような重みを持つことにより、ハンドの干渉に関わりないデータ点の影響を除くことができ、より確実な推定結果が得られる。

【0019】(請求項 3 の発明) 図 3 は、請求項 3 の発明を説明するための図で、請求項 1 の把持可能領域の探索において、選択する把持可能領域として、設定した閾値より小さい評価関数を与える注視領域 A の中で最短距離のものを優先して選択する。対象物体の上空で距離画像を撮像すると、距離が近いものほど上にあり、他物体との干渉の可述性が最も低い。従って、把持可能領域として最短距離のものを選択することにより、把持可能である確率が高くなるので、対象物体に対して他の物体との重なりをチェックする処理を効率化できる。

【0020】(請求項 4 の発明) 図 4 は、請求項 4 の発明を説明するための図で、請求項 1 の把持可能領域の探索において、複数の注視領域  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$  を用いて並列的に把持可能領域を探索する。複数の注視領域を用いて並列的に把持可能領域を探索することにより処理の大幅な効率化が図れる。

#### 【0021】

【発明の効果】請求項 1 の発明の効果：画像の雑音除去の後、把持可能領域を探索することにより領域分割処理を省略でき、対象物体の選択とハンドの干渉チェックを同時に行えるため、処理の大幅な効率化が図れる。さらに、注視領域を用いることにより、データ量を少なくでき、処理の高速化、効率化が図れる。また、推定したハンド位置から逆算してモデルの初期値を決定することにより、極小値を回避し、より確実な推定結果が得られる。さらに、把持可能領域を最初に探索しているの、

5

最終的な対象物体の位置姿勢を正確に推定が不確実でも把持が可能である。以上により、対象物体の3次元的位置姿勢を正確に推定して乱雑に積まれた物体を安定に把持することが可能となり、領域分割等の複雑な前処理を省略し、処理の高速化、効率化できる。

【0022】請求項2の発明の効果：把持可能領域を探索する際にマッチングの評価関数に式(2)のような重みを持つことにより、ハンドの干渉に関わりのないデータ点の影響を除くことができ、より確実な推定結果が得られる。

【0023】請求項3の発明の効果：対象物体の上で距離画像を撮像すると、距離が近いものほど上にあり、他物体との干渉の可視性が最も低い。従って、把持可能領域として最短距離のものを選択することにより、把持可能である確率が高くなるので、対象物体に対して他の

6

物体との重なりをチェックする処理を効率化できる。

【0024】請求項4の発明の効果：複数の注視領域を用いて並列的に把持可能領域を探索することにより処理の大幅な効率化が図れる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 請求項1の発明を説明するためのフロー図である。

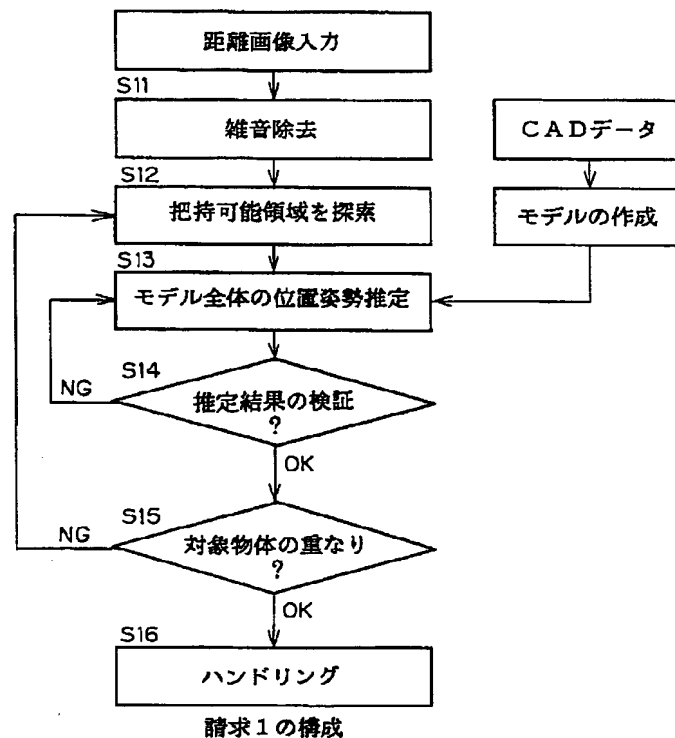
【図2】 把持可能領域探索の詳細なフローを示す図である。

10 【図3】 請求項3の発明を説明するための図である。

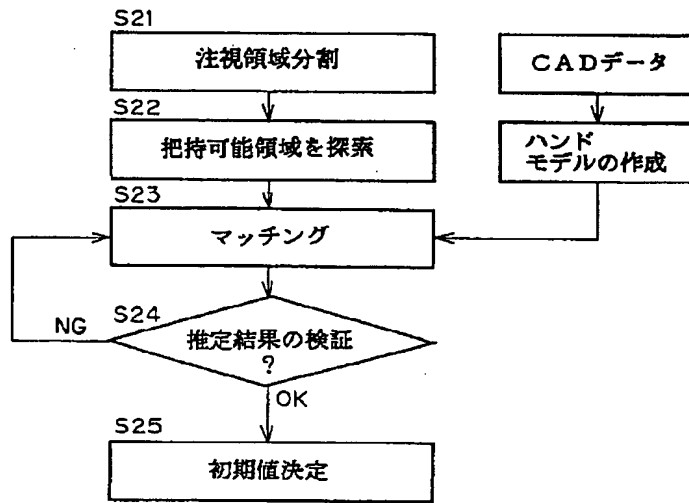
【図4】 請求項4の発明を説明するための図である。

【図5】 乱積みされた物体をピンビッキングするための従来の画像処理方法を説明するためのフロー図である。

【図1】

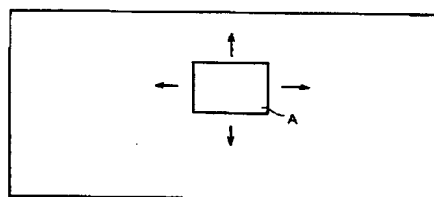


【図2】



把持可能領域の探索のフロー

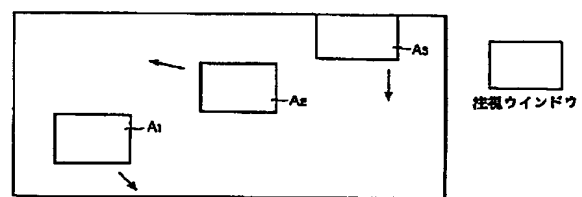
【図3】



距離画像  
安定に把持できる部分を探索する。  
座標が高い領域を優先して選択する。

請求項3の説明図

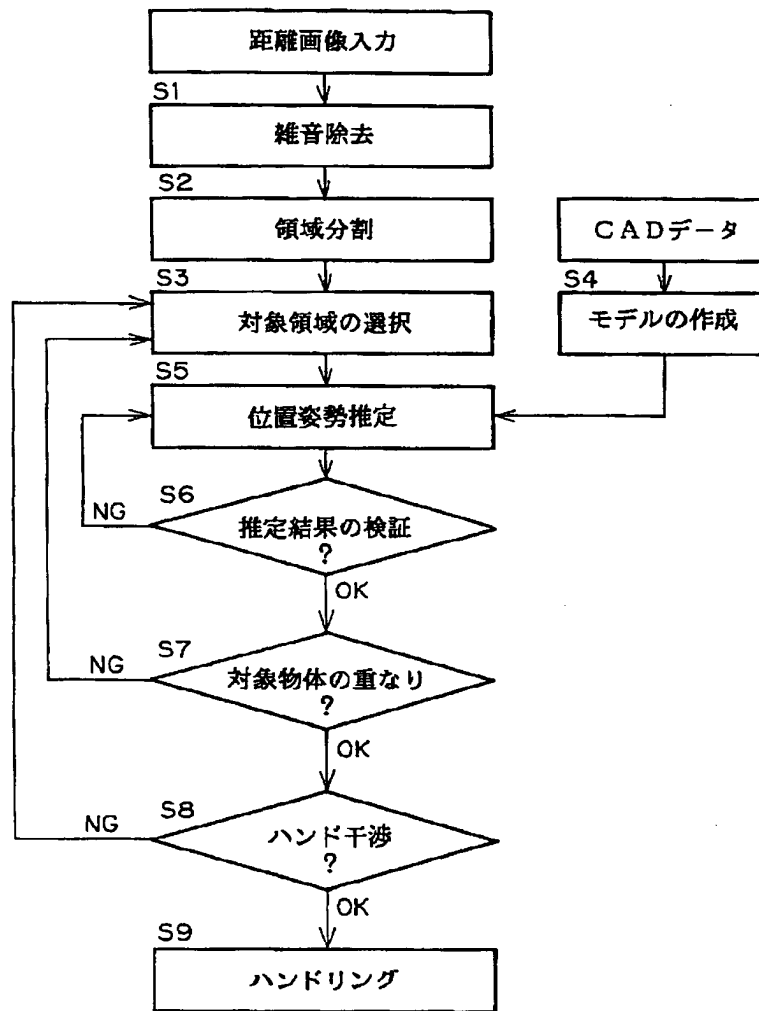
【図4】



複数のウィンドウを用いた並列的な把持可能領域の探索

請求項4の説明図

【図5】



従来の画像処理方法

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第2部門第3区分

【発行日】平成14年1月22日(2002.1.22)

【公開番号】特開平9-277184

【公開日】平成9年10月28日(1997.10.28)

【年通号数】公開特許公報9-2772

【出願番号】特願平8-117059

【国際特許分類第7版】

B25J 13/08

G05D 3/12

【F I】

B25J 13/08 A

G05D 3/12 K

【手続補正書】

【提出日】平成13年7月13日(2001.7.13)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0002

【補正方法】変更

【補正内容】

【0002】

【従来の技術】従来、ロボットの環境を認識するセンサとしては濃淡画像による視覚が一般的であった(例えば、特開昭60-249583号、特開平4-54409号)。しかし、近年レーザレンジファインダ(LRF)等の能動的なセンシング技術の進歩により、高速、高精度、高解像度の距離画像と利用が容易になってきた。距離画像は、濃淡画像のように曖昧な情報を含まないため、より信頼性の高い環境認識が可能である。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0003

【補正方法】変更

【補正内容】

【0003】乱雑に積まれた物体を安定に把持するためには、対象物体の3次元的位置姿勢を正確に推定する必要がある。距離画像を用いて物体の位置姿勢を推定する試みは、画像解析の主要な問題として研究され、多くの推定手法や形状モデルが提案されている(例えば、特開昭62-292377号)。計測された物体表面上の点の3次元位置のみを利用して位置姿勢を推定する方法としてICP(Iterative Closest Point)アルゴリズムがある(「高速レーザレンジファインダを用いたハンドアイシステムによる自由形状物体のピッキング」平成8年電気学会全国大会 予稿集、3-51~3-52、洲上明弘、小島悟理、橋本秀紀)。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正内容】

【0007】図5は、乱積みされた物体をピンピッキングするための従来の画像処理方法を説明するためのフロー図で、この方法は、前処理として画像の雑音除去を行い(S1)、領域分割により対象物体を分割する(S2)。この中から対象領域を選択し(S3)、予めCADデータからモデルを作成して(S4)、作成したモデルを用いてICPアルゴリズム(「高速レーザレンジファインダを用いたハンドアイシステムによる自由形状物体のピッキング」平成8年電気学会全国大会予稿集、3-51~3-52:「LRFによる物体の距離画像情報を用いたポーズ推定」計測自動制御学会 第5回ロボットセンサシンポジウム 投稿論文、洲上明弘、小島悟理、橋本秀紀)により位置姿勢を推定する(S5)。収束した評価関数がある閾値より小さければ(S6)、対象物体に対して他の物体との重なり(S7)とハンドの干渉をチェック(S8)し、把持可能と判断された物体について推定された位置姿勢にロボットを移動させ、ハンドリングする(S9)。前記特開昭62-292377号の方法も同様の処理手順であり、まず、計測された画像から、最高位物体を検出し、位置姿勢を算出した後、ハンドによる把持可否の判断を行っている。この方法だと、対象物体が直方体のような単純な形状である場合は良いが、より複雑な形状の物体だと複雑にからみ合い、把持可否判断に時間がかかるばかりでなく、位置姿勢推定も困難である。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正内容】



【0 0 0 9】本発明は、対象物体が複雑な形状を持ち複雑にからみ合った状態においても、対象物体の位置姿勢を推定する過程で存在する極小値を回避し、対象物体の3次元的な位置姿勢を正確に推定して乱雑に積まれた物

体を安定に把持することを目的とし、特に、領域分割等の複雑な前処理を省略し、処理の高速化、効率化を目指すものである。